

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

PAT-NO: DE003734179A1

DOCUMENT-IDENTIFIER: DE 3734179 A1

TITLE: Manipulator

PUBN-DATE: April 27, 1989

INVENTOR-INFORMATION:

NAME

POZZI, UGO DR ING

COUNTRY

DE

ASSIGNEE-INFORMATION:

NAME

BUDERUS SELL

COUNTRY

DE

APPL-NO: DE03734179

APPL-DATE: October 9, 1987

PRIORITY-DATA: DE03734179A (October 9, 1987)

INT-CL (IPC): B25J017/00

EUR-CL (EPC): B25J009/10 ; B25J018/00, B25J009/04

US-CL-CURRENT: 414/744.2, 901/26

ABSTRACT:

The manipulator consists of a series of hollow-shaft sets arranged one after another which are rotatably coupled to one another via helical gearing. Each hollow-shaft set has a plurality of concentrically nested hollow shafts. The arm shaft sets (originating-arm shaft set (5), upper-arm shaft set (7), lower-arm shaft set (9)) are interconnected by joint sets (shoulder joint set (6), elbow joint set (8)) arranged at right angles thereto.

<IMAGE>





DEUTSCHES  
PATENTAMT

①2 Offenlegungsschrift  
①1 DE 3734179 A1

⑤1 Int. Cl. 4:  
B25J 17/00

②1 Aktenzeichen: P 37 34 179.0  
②2 Anmeldetag: 9. 10. 87  
④3 Offenlegungstag: 27. 4. 89

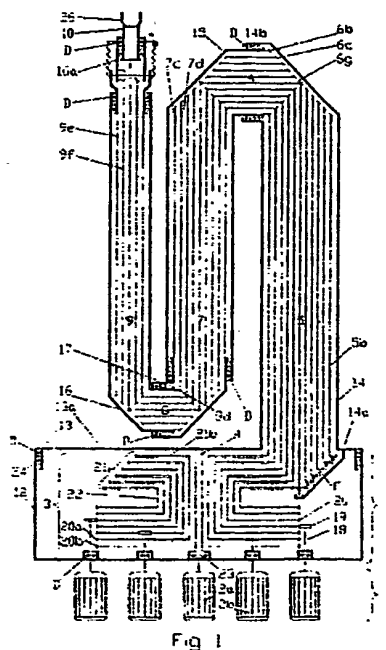
DE 3734179 A1

⑦1 Anmelder:  
Buderus Sell GmbH, 6348 Herborn, DE

⑦2 Erfinder:  
Pozzi, Ugo, Dr.-Ing., 7500 Karlsruhe, DE

⑤4 Manipulator

Der Manipulator besteht aus einer Reihe hintereinander angeordneter Hohlwellensätzen, welche über Schrägverzahnung miteinander drehbar gekoppelt sind. Jeder Hohlwellensatz weist mehrere konzentrisch ineinandergeschachtelte Hohlwellen auf. Die Armwellensätze (Ausgangs-Armwellensatz (5), Oberarm-Wellensatz (7), Unterarm-Wellensatz (9)) sind mit rechtwinklig dazu angeordneten Gelenksätzen (Schultergelenksatz (6), Ellbogengelenksatz (8)) untereinander verbunden.



DE 3734179 A1

## Beschreibung

Die Erfindung betrifft einen Manipulator, welcher aus einem Mehrgelenkarm mit einem Greifer und Einzelantrieben für die Betätigung der Arm- und Greiferbewegungen besteht.

Um die Fertigungsabläufe zu rationalisieren werden in der Industrie zunehmend manuelle Tätigkeiten durch Manipulatoren ersetzt, welche aus mehreren Schwenkarmen bestehen, an deren freiem Ende des letzten Armes eine Zange oder eine sonstige Aufnahmevorrichtung zum Greifen und Umsetzen eines Gegenstandes angeordnet ist. Ein besonderes Anwendungsgebiet derartiger Manipulatoren, ist die Handhabung in abgeschlossenen Räumen, z.B. in der Kerntechnik, in Laboratorien oder in der Schweißtechnik.

Ein Manipulator soll in der Lage sein, innerhalb eines vorgegebenen Raumes mit seinem Greifer jeden gewünschten Punkt zu erreichen. Bei einer Reihe von Manipulatoren hat man zur Erreichung dieses Zieles den menschlichen Arm von der Schulter bis zum Handgelenk simuliert. Der menschliche Arm wird sowohl bezüglich der Anzahl der Freiheitsgrade als auch des Bewegungsbereiches nachgeahmt.

Über die Ausbildung der Gelenke, deren Dreh- und Schwenkachsen, sowie die Anordnung und Ausbildung der Antriebe gibt es die verschiedensten Konstruktionen.

Eine übliche Bauart (z.B. EP-OS 01 21 844, DE-OS 30 26 273) ordnet die einzelnen Motore und Getriebe für die Bewegung der verschiedenen Gelenke in den Gelenken oder den zugehörigen Arnteilen selbst an. Auf diese Weise ist der Kraftübertragungsweg von dem einzelnen Motor auf das zu betätigende Gelenk zwar möglichst kurz, die Ansteuerung der einzelnen Motore über eine zentrale Steuereinheit ist aber wegen der notwendigen Kabel zur Übertragung der Steuerbefehle und Energieversorgung für den Aktionsradius der sich bewegenden Arme des Manipulators wegen der Einschränkung der Beweglichkeit nachteilig. Außerdem muß das Gewicht der Motore mitbewegt werden und muß deshalb bei der möglichen Nutzlast der Statik und möglichen Beschleunigung berücksichtigt werden. Es ist auch schon bekannt (DE-OS 33 08 475), alle Antriebsmotore am Grundrahmen zu montieren und über Transmissionen mit den einzelnen Armen zu verbinden. Durch die stationäre Anordnung aller Motore im Grundrahmen soll das Verhältnis zwischen Gewicht des Arbeitsgerätes (bewegte Teile) und der Nutzlast verbessert werden. Die vorgeschlagenen Transmissionen mögen für das Bewegen von schweren Lasten, wie Paletten oder dgl., ausreichen. Für die in der industriellen Fertigung verlangte Präzision der Greiferbewegung reicht diese Art der Bewegungsübertragung aber nicht aus.

Durch die DE-OS 27 45 932 ist ein Manipulator bekannt geworden, welcher zur Verbesserung der Anpassungsfähigkeit und Fernbedienbarkeit, eine am Ende des letzten Armes befestigte Befestigungsplatte für die Greifvorrichtung aufweist. Der die Befestigungsplatte tragende Arm besteht aus drei konzentrisch ineinandergeschachtelten Hohlwellen, welche von je einem am anderen Ende des Armes angebrachten Motor unabhängig voneinander drehbar sind, um ein Universalgelenk mit der Befestigungsplatte zu betätigen. Die einzelnen Antriebsmotore sind damit aber nicht ortsfest, sondern machen die Bewegungen des auf einer drehbaren Schulter befestigten und über ein Scharniergelenk

schwenkbaren Armes mit. Bei dem ähnlich aufgebauten Manipulator gemäß der US-PS 39 22 930 sind die Hohlwellen starr gelagert, so daß temperaturbedingte Längenveränderungen und verschleißbedingtes Spiel nicht automatisch kompensiert werden.

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, einen Manipulator, bestehend aus einem Mehrgelenkarm mit einem Greifer und Einzelantrieben für die Betätigung der Arm- und Greiferbewegung so zu gestalten, daß einerseits bei Betrieb des Manipulators alle Antriebsmotore, ortsfest bleiben, aber andererseits eine schnelle und präzise Steuerung des Greifers an jeden gewünschten Punkt innerhalb des vorgegebenen Raumes auch unter kritischen Betriebsbedingungen gewährleistet ist.

Zur Lösung dieser Aufgabe, werden die im kennzeichnenden Teil des Patentanspruches 1 angegebenen Merkmale vorgeschlagen.

Durch diese Merkmale ergibt sich ein Manipulator, welcher einfach in der Montage, präzise in der Handhabung, leicht zu bedienen, flexibel in der Anwendung und vorteilhaft auch in engen bzw. geschlossenen Arbeitsräumen einsetzbar ist.

In der Zeichnung ist die Erfindung an einem Ausführungsbeispiel dargestellt. Es zeigen:

Fig. 1 den senkrechten Längsschnitt durch den Manipulator schematisch.

Fig. 2 den Bereich eines Gelenkes in größerem Maßstab

Fig. 3a + 3b das Getriebe des stationären Getriebekastens mit den einzelnen Antriebsmotoren perspektivisch

Fig. 4a — 4h die einzelnen Bewegungsabläufe schematisch

Fig. 5 die Hand in größerer Darstellung

Fig. 6 eine schematische Darstellung des räumlichen Wirkungsbereiches.

Der Manipulator besteht aus dem Getriebekasten 1 mit den Einzelantriebsmotoren 2 und einer den Getriebekasten durchquerenden und den Getriebemittelsatz 3 tragenden Drehachse 4, sowie den abwechselnd hintereinander angeordneten Arm- (5, 7, 9, 10) und Gelenkwellsätzen (6, 8) eines Mehrgelenkarmes, welcher an seinem Ende eine Hand als Greiforgan aufweist.

Der Getriebekasten 1 setzt sich aus dem stationären Gehäuseteil 12 mit den ortsfest angeordneten Einzelantriebsmotoren 2 und dem im Gehäuseteil 12 drehbar gelagerten Gelenkarmträger 13 zusammen. Exzentrisch zur Drehachse 4 ist der Gelenkarmträger 13 mit einem lösbaren Ausgangsarm 14 versehen, welcher den Ausgangs-Armwellsatz 5 aufnimmt. Hierzu ist der Ausgangsarm 14 mit dem Flansch 14a versehen. Über den Montagedeckel 13a ist das Innere des Getriebekastens zugänglich.

Der Aufbau der Arm- bzw. Gelenkwellsätze ist aus Fig. 2 genauer zu entnehmen. Sie zeigt den Bereich des Ellenbogen-Gelenkwellsatzes 8 mit den vor- bzw. nach geschalteten Oberarmwellsatz 7 bzw. Unterarmwellsatz 9. Der Ellenbogen-Gelenkwellsatz 8 besteht aus der Mittelwelle 8g und den konzentrisch um die Mittelwelle ineinandergeschachtelten Hohlwellen 8f und 8e, sowie der mit dem nachfolgenden Unterarmhalter 16 des Unterarmwellsatzes 9 starr verbundenen Außenwelle 8d. Der Ellenbogen-Gelenkwellsatz 8 ist über Schrägverzahnung einerseits mit dem vorgeschalteten Oberarmwellsatz 7 und andererseits mit dem nachgeschalteten Unterarmwellsatz 9 verbunden. In gleicher Weise ist der Schulter-Gelenkwellsatz 6 des vorangehenden Gelenkes aufgebaut. Da die äußere Ge-

lenkwelle jeweils mit dem nachfolgenden Haltearm starr verbunden ist, vermindert sich die Zahl der Hohlwellen von Stufe zu Stufe. Die mit dem nachfolgenden Haltearm starr verbundene äußere Gelenkwelle ist in dem vorausgehenden Haltearm senkrecht zu dessen Längsachse drehbar gelagert. Der Ellenbogen-Gelenkwellsatz 8 ist in einem Lagerteil 17 drehbar gelagert, das seinerseits gegenüber dem Oberarmhalter 15 um dessen Längsachse drehbar ist. Der Unterarmhalter 16 ist auf gleiche Weise um die Mittelwelle 8g im Lagerteil (17) schwenkbar.

Jede der miteinander verbundenen Folge von Arm- bzw. Gelenkwellen wird über einen der Einzelantriebsmotore 2a bis 2h unter Zwischenschaltung des Getriebemittelsatzes 3 angetrieben, welcher in den Fig. 3a und 3b dargestellt ist.

Die außerhalb des stationären Gehäuseteiles 12 des Getriebekastens im Kreis gleichmäßig angeordneten Einzelantriebsmotoren 2a bis 2h stehen über die zugehörigen Motorwellen 18 und vorgespannten Doppelstirnräder 19 mit je einem Stirnradpaar, des Getriebemittelsatzes 3 in Verbindung. Der Getriebemittelsatz 3 besteht aus einem Satz von Stirnradpaaren, deren je zwei Stirnräder (Antriebsräder 20; Abtriebsräder 21) durch konzentrisch umeinandergeschachtelte hohle Verbindungswellen 22 miteinander verbunden sind, und welche die Drehachse 4 umgeben. Die ebenfalls vorgespannten doppelten Abtriebsräder 21 stehen ihrerseits mit dem ersten Armwellensatz 5 in kraftschlüssiger Verbindung. Jeder einzelne Motor treibt somit eine Folge von Zahnrädern und Hohlwellen, welche jeweils an dem zu betätigenden Bauteil endet.

In der Bildfolge der Fig. 4a bis 4h ist veranschaulicht, welche Auswirkung und Bewegung jeder einzelne Antriebsmotor bei seinem Einschalten zur Folge hat.

Fig. 4a Der Antriebsmotor 2a steht über die Motorwelle 18a und das Stirnrad 19a mit dem Antriebsrad 20a in Verbindung, welches starr mit der Drehachse 4 verbunden ist. Die Drehachse 4 ist einerseits bei 23 in dem stationären Gehäuseteil 12 drehbar gelagert, andererseits mit dem Gelenkarmträger 13, der seinerseits bei 24 in dem Gehäuseteil 12 drehbar gelagert ist, fest verbunden. Der Antriebsmotor 2a bewirkt auf diese Weise, daß sich der Gelenkarmträger 13 mitsamt dem vollständigen Gelenkarm um die Drehachse 4 dreht (Teller drehen).

Fig. 4b Der Antriebsmotor 2b dreht das Stirnradpaar mit dem Antriebsrad 20b und dem Abtriebsrad 21b. Letzteres treibt die äußere hohle Armwelle 5b des Armwellensatzes 5 an, welche ihrerseits mit der äußeren hohlen Gelenkwelle 6b des Schulter-Gelenkwellsatzes 6 über Schrägverzahnung gekoppelt ist. Da der Oberarmhalter 15 des nachfolgenden Oberarmwellensatzes 7 mit der äußeren Gelenkwelle 6b des Schulter-Gelenkwellsatzes 6 starr verbunden ist, schwenkt der Oberarmhalter 15 bei Einschalten des Motors 2b um die Drehachse des Schulter-Gelenkwellsatzes 6 (Oberarm schwenken).

Fig. 4c Der Motor 2c treibt auf die bereits geschilderte Weise das nächste Stirnradpaar (20c; 21c), die Armwelle 5c, die Gelenkwelle 6c und die Oberarmwelle 7c an. Die Oberarmwelle 7c geht in das den nächsten Ellenbogen-Gelenkwellsatz 8 aufnehmende Lagerteil 17 über, welches in dem Oberarmhalter 15 drehbar gelagert ist. Eine Drehung des Lagerteiles um die Oberarmachse ist die Folge (Oberarm drehen).

Fig. 4d Ein anderer Motor (nicht mehr näher bezeichnet, treibt das nächste Stirnradpaar mit den anschließen-

den Armwellen und Gelenkwellen und damit auch die äußere Gelenkwelle 8d an. Der mit der Gelenkwelle 8d starr verbundene Unterarmhalter 16 wird damit um die Achse des Gelenkwellsatzes 8 geschwenkt (Unterarm schwenken).

Fig. 4e Ein weiterer Motor treibt die nächste Folge in dergleichen Weise an, so daß die äußere Unterarmwelle 9e um die Unterarmachse gedreht wird. Die Unterarmwelle 9e ist mit einem drehbaren Handgelenk 16a starr verbunden, so daß der an den Unterarm anschließende gesamte Handteil um die Unterarmachse gedreht wird (Unterarm drehen).

Fig. 4f + Fig. 5 Eine weitere Antriebsfolge führt bis zu der Unterarmwelle 9f, welche den das Handgelenk enthaltenden Handhalter 10 um die Achse 25 schwenkt (Hand schwenken).

Fig. 4g + h + Fig. 5 Die nächsten Antriebsfolgen ermöglichen das Drehen der Hand bzw. eine weitere nicht abgebildete Antriebsfolge die Greifbewegung der Hand.

In Fig. 5 ist die Hand in größerem Maßstab dargestellt, um die Bewegungsmöglichkeiten der Hand verständlicher zu machen.

Die in den anderen Zeichnungen nicht abgebildete Innenwelle 9h des Unterarmwellensatzes 9 treibt die Innenwelle 10h des Handhalters 10 an, wodurch die Greifbewegung in an sich bekannter Weise des nicht im einzelnen dargestellten Greiforgans 26, gesteuert wird (Fig. 4h). Durch die Unterarm-Hohlwelle 9g wird das Greiforgan mittels der Handwelle 10g gedreht (Fig. 4g) während die nächste Unterarm-Hohlwelle 9f den Handhalter 10 um die Handgelenkachse 25 schwenkt (Fig. 4f).

In Fig. 6 sind die Bewegungsmöglichkeiten und Hüllkurven der jeweils erreichbaren Handhabungsräume dargestellt.

Der erfindungsgemäße Manipulator hat gegenüber den bekannten Konstruktionen eine Reihe von entscheidenden Vorteilen, auf welche abschließend hingewiesen werden soll.

a) Der Aufbau erlaubt eine schlupffreie Übertragung der Motordrehungen auf das die Bewegung ausführende Organ, denn die vorgespannten Stirnräder im Getriebekasten und die in Fig. 1 angedeuteten Feder Elemente (F) sorgen dafür, daß alle nachfolgenden Hohlwellen unter Federdruck in allen Situationen kraftschlüssig aneinander liegen.

b) Welche Bewegung auch der Gelenkarm im einzelnen durchführen muß, alle Einzelantriebsmotore bleiben ortsfest an dem stationären Gehäuseteil und können auf einfache Weise an eine Programmsteuereinrichtung angeschlossen werden. Von dem Greiforgan bis zu den Antriebsmotoren sind weder elektronische Bauelemente noch Verdrahtungen vorhanden, so daß der Manipulator auch unter für elektronische Bauteile kritischen Bedingungen eingesetzt werden kann (Kerntechnik).

c) Das die einzelnen Hohlwellensätze umgebende Gehäuse, bestehend aus Getriebegehäuse, Oberarmhalter, Unterarmhalter u.a. kann gegenüber der Außenatmosphäre völlig abgedichtet werden. In der Fig. 1 sind die Abdichtstellen schematisch angedeutet und mit D bezeichnet. Es kann innerhalb des Gehäuses ein leichter innerer Überdruck aufrecht erhalten werden, welcher das Eindringen von störenden Partikeln in das Gehäuse verhindert. Im kerntechnischen Bereich kann dadurch z.B. einer Kontamination vorgebeugt werden.

d) Bei Schweißvorgängen ist es u.U. notwendig, in einem Raum zu schweißen, der frei ist von Gasen, welche mit dem zu schweißenden Material reagieren können. Hierzu kann das Gehäuse unter einem Unterdruck gehalten werden, so daß störende Stoffe über den Gelenkarm nicht in den Behandlungsraum eindringen können.

e) Die Einzelantriebsmotore können unabhängig vom Einsatz des Manipulators auf einfach Weise gekühlt werden, denn das stationäre Gehäuseteil kann mit einer Behandlungskammer so kombiniert werden, daß sich der bewegende Teil des Manipulators zwar innerhalb der Behandlungskammer befindet, die Antriebsmotore aber frei zugänglich außerhalb liegen.

f) Die große Beweglichkeit des Gelenkarmes und die Möglichkeit die einzelnen Glieder unendlich zu drehen ermöglichen Arbeiten in engen Räumen sowie bimanuale Koordination beim gleichzeitigen Einsatz von zwei Manipulatoren.

#### Patentansprüche

1. Manipulator, bestehend aus einem Mehrgelenkarm mit einem Greifer und Einzelantrieb für die Betätigung der Arm- und Greiferbewegungen, dadurch gekennzeichnet, daß

a) sich der Mehrgelenkarm aus hintereinander angeordneten frei gleitenden Arm- und Gelenkwellen-Sätzen (5, 6, 7, 8, 9, 10) zusammensetzt, welche aus konzentrisch ineinandergeschachtelten, über Schrägverzahnungen rechtwinklig zueinander und miteinander unter axialem Federdruck drehbar gekoppelten Hohlwellen bestehen, wobei

b) jede der miteinander gekoppelten Hohlwellenreihe über ein Getriebe von je einem stationär an einem Getriebekasten (1) angeordneten Motor (2) angetrieben werden, sowie

c) jeweils die äußere Gelenkwelle eines Gelenkwellensatzes (6, 8) einerseits im vorausgehenden, ihre Antriebswellen umschließenden Haltearm senkrecht zu dessen Längsachse drehbar gelagert und andererseits mit einem die nachfolgenden Armwellen umschließenden Haltearm (15, 16) starr verbunden ist.

2. Manipulator nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der Getriebekasten (1) aus einem mit den Einzelantriebsmotoren (2) versehenen stationären Gehäuseteil (12) und einem im Gehäuseteil (12) drehbar gelagerten Gelenkarmträger (13) besteht, wobei der Gelenkarmträger (13) eine den Getriebekasten durchquerende und einen Getriebemittelsatz (3) tragende Drehachse (4) aufweist, sowie einen exzentrisch zur Drehachse (4) angeordneten Ausgangs-Armwellensatz (5) aufnimmt.

3. Manipulator nach Anspruch 1 und/oder 2, dadurch gekennzeichnet, daß der den Ausgangs-Armwellensatz (5) aufnehmende Ausgangsarm (14) mit dem Gelenkarmträger (13) mittels eines Flansches (14a) lösbar verbunden ist.

4. Manipulator nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß der Gelenkarmträger (13) einen Montagedeckel (13a) aufweist.

5. Manipulator nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß der die kraftschlüssige Verbindung zwischen den Ein-

zelantriebsmotoren (2) und dem Ausgangs-Armwellensatz (5) herstellende Getriebemittelsatz (3) aus Stirnradpaaren besteht, deren je zwei Stirnräder Antriebsräder (20), Abtriebsräder (21) im Abstand miteinander verbindenden hohlen Verbindungswellen (22) konzentrisch umeinandergeschachtelt die Drehachse (4) umgeben.

6. Manipulator nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß die mit den Antriebsrädern (20) des Getriebemittelsatzes (3) in Eingriff stehenden Stirnräder (19) der Motorwellen (18) sowie die Antriebsräder (21) des Getriebemittelsatzes (3) aus durch Federdruck vorgespannten Doppelstirnrädern bestehen.

7. Manipulator nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Schulter-Gelenkwellensatz (6) von einem Lagerteil (14b) drehbar gelagert aufgenommen ist.

8. Manipulator nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, daß der Ellenbogen-Gelenkwellensatz (8) von einem Lagerteil (17) aufgenommen ist, welches in dem Oberarmhalter (15) drehbar gelagert ist.

9. Manipulator nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, daß die das Getriebe und die Hohlwellen umschließenden Gehäuseteile und Armhalter gegeneinander abgedichtet sind und innerhalb der Gehäuseteile und Armhalter ein Über- oder Unterdruck aufrechterhalten wird.

10. Manipulator nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, daß der Ausgangsarmwellensatz (5) durch Federelemente (F) mit den anschließenden Hohlwellen unter axialem Federdruck gekoppelt ist.

11. Manipulator nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß sich die Drehachse von Gelenkarmträger (13), Oberarmhalter (15) und Lagerteil (17) des Ellenbogen-Gelenkwellensatzes (8) immer in einem Punkt schneiden.

Fig. 13: 11

13

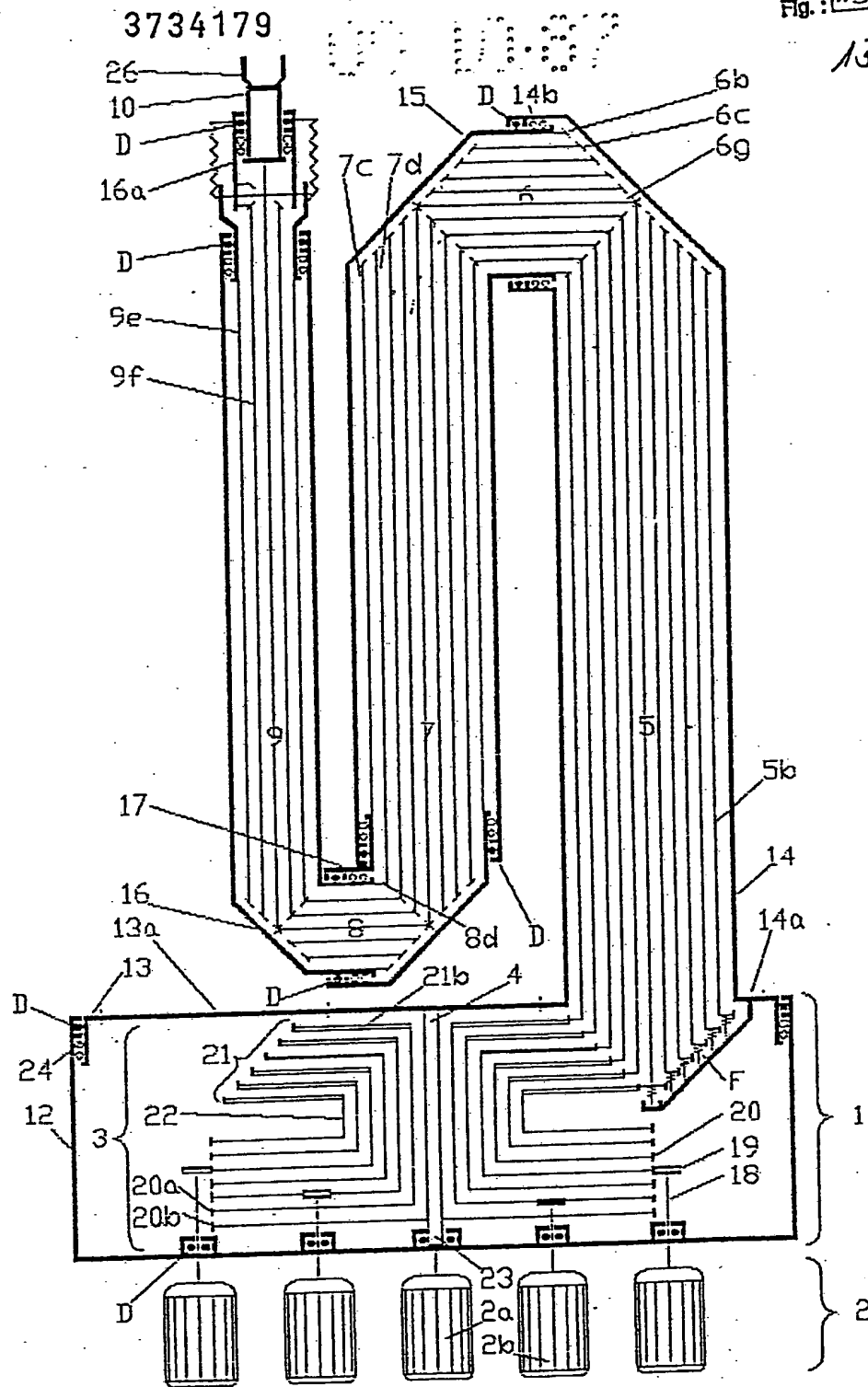


Fig 1



00118

Fig.: 14: 1

19

3734179

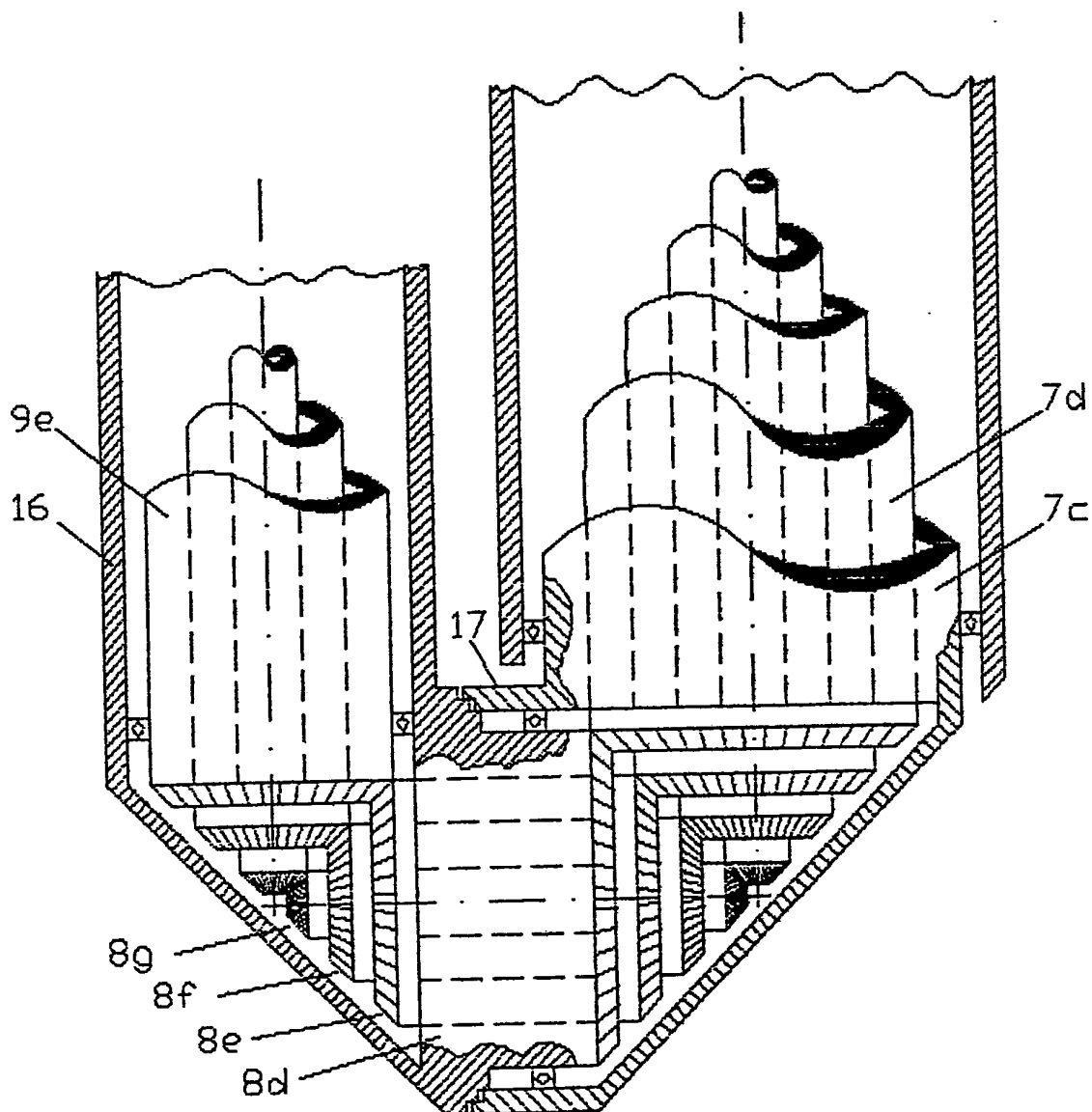


Fig 2

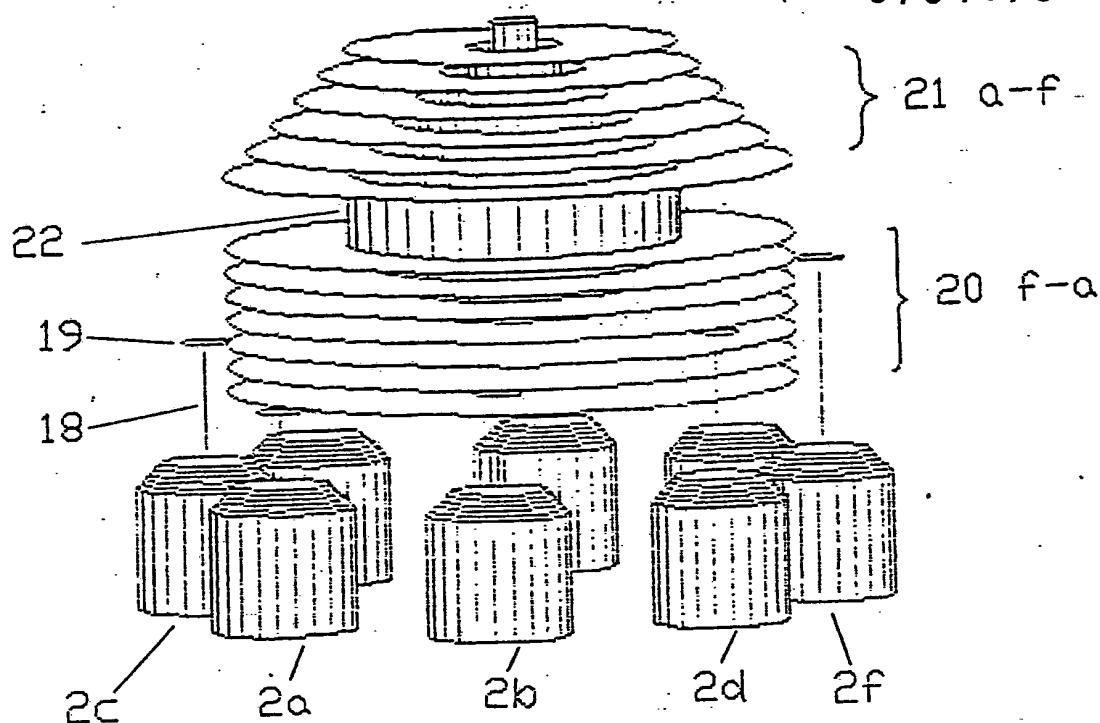


Fig. 3b

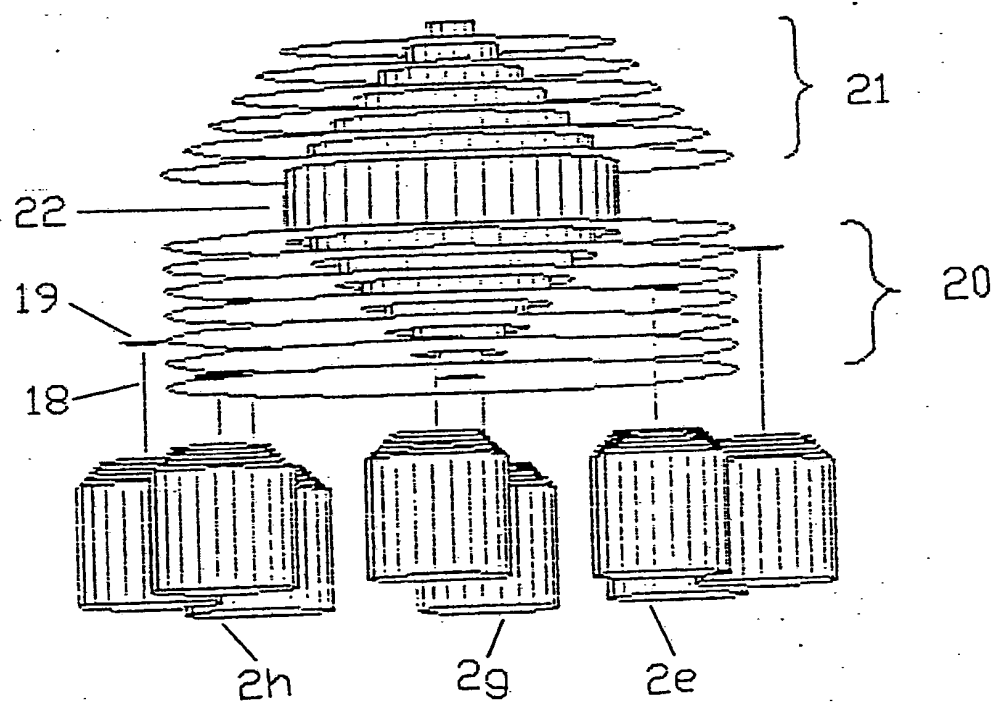
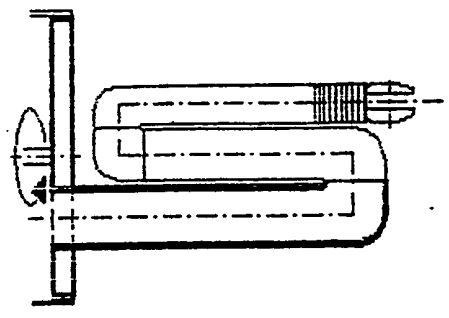
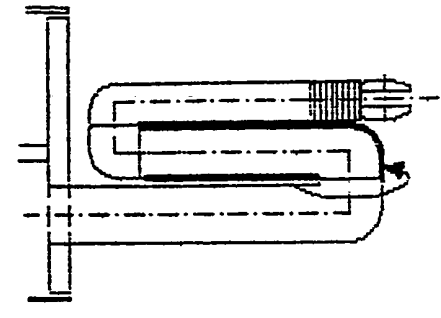


Fig 3a

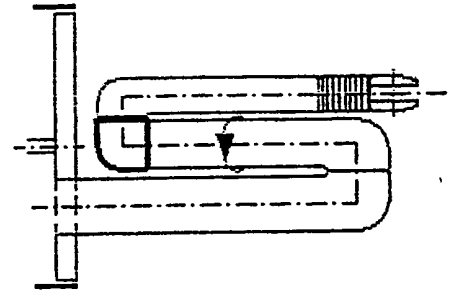
a) Teller drehen 3734179



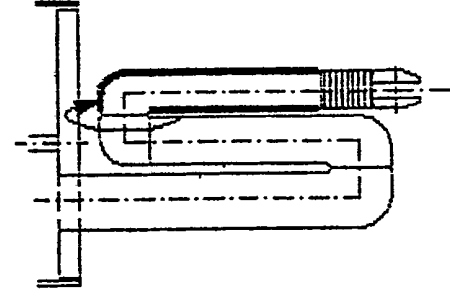
b) Oberarm schwenken 16



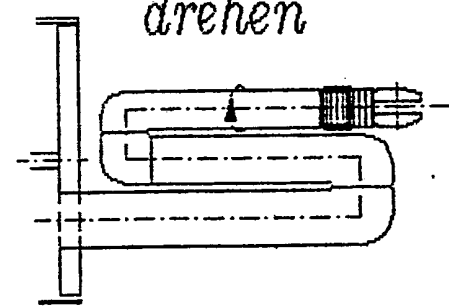
c) Oberarm drehen



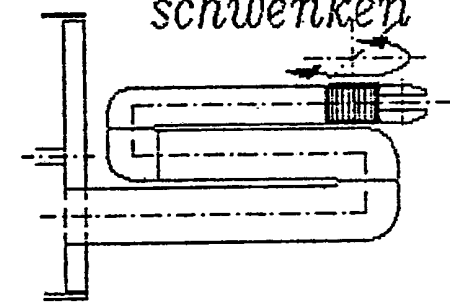
d) Unterarm schwenken



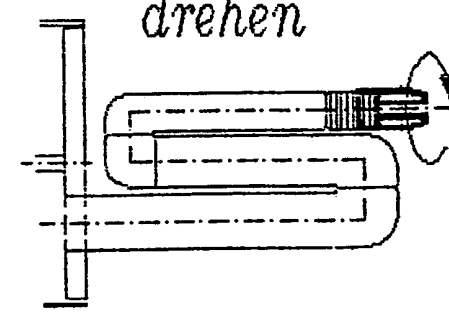
e) Unterarm drehen



f) Hand schwenken



g) Hand drehen



h) Hand auf - zu

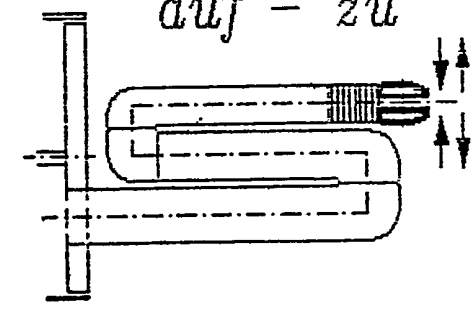


FIG 4

3734179

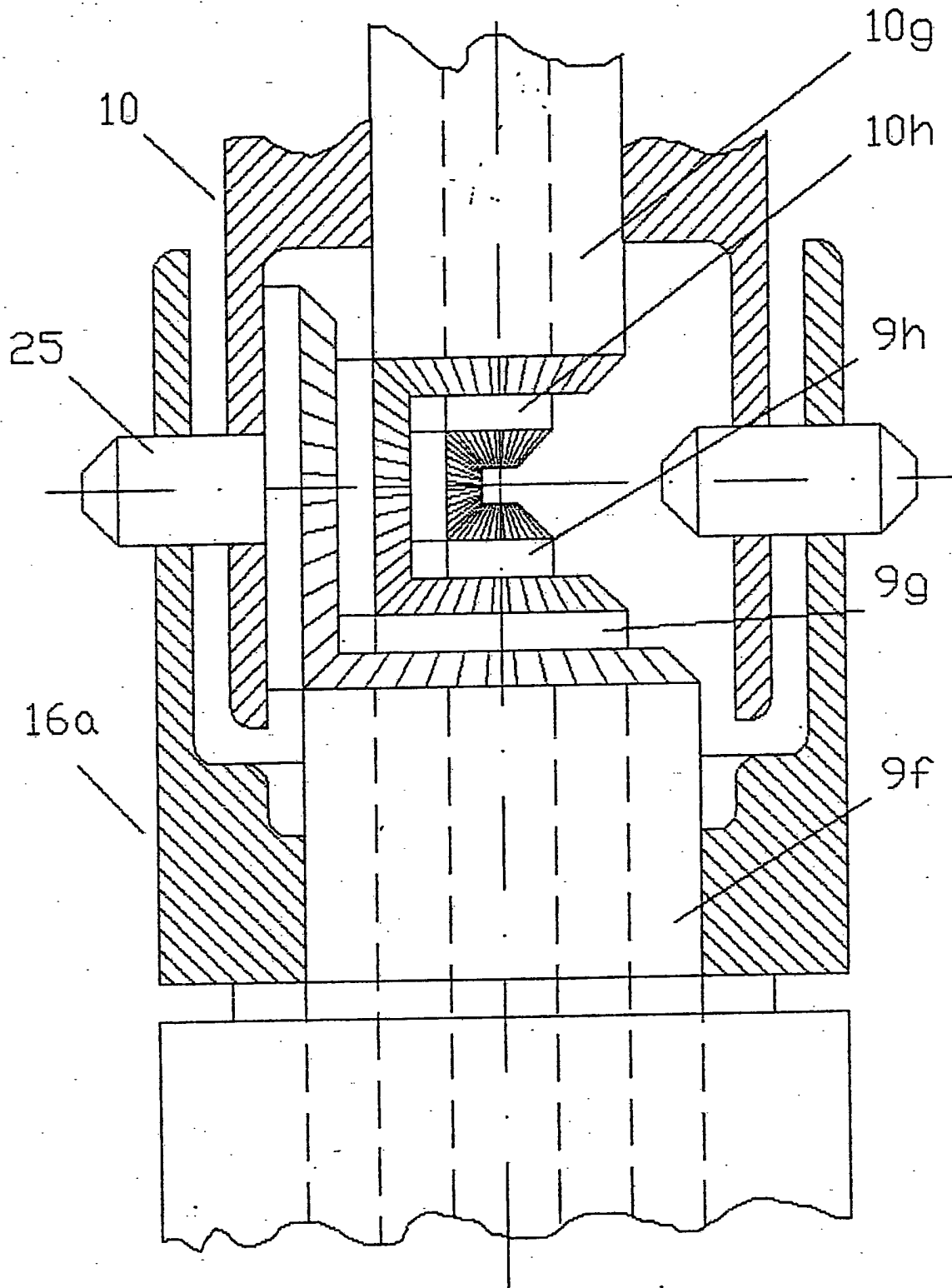


Fig 5

ORIGINAL INSPECTED

3734179

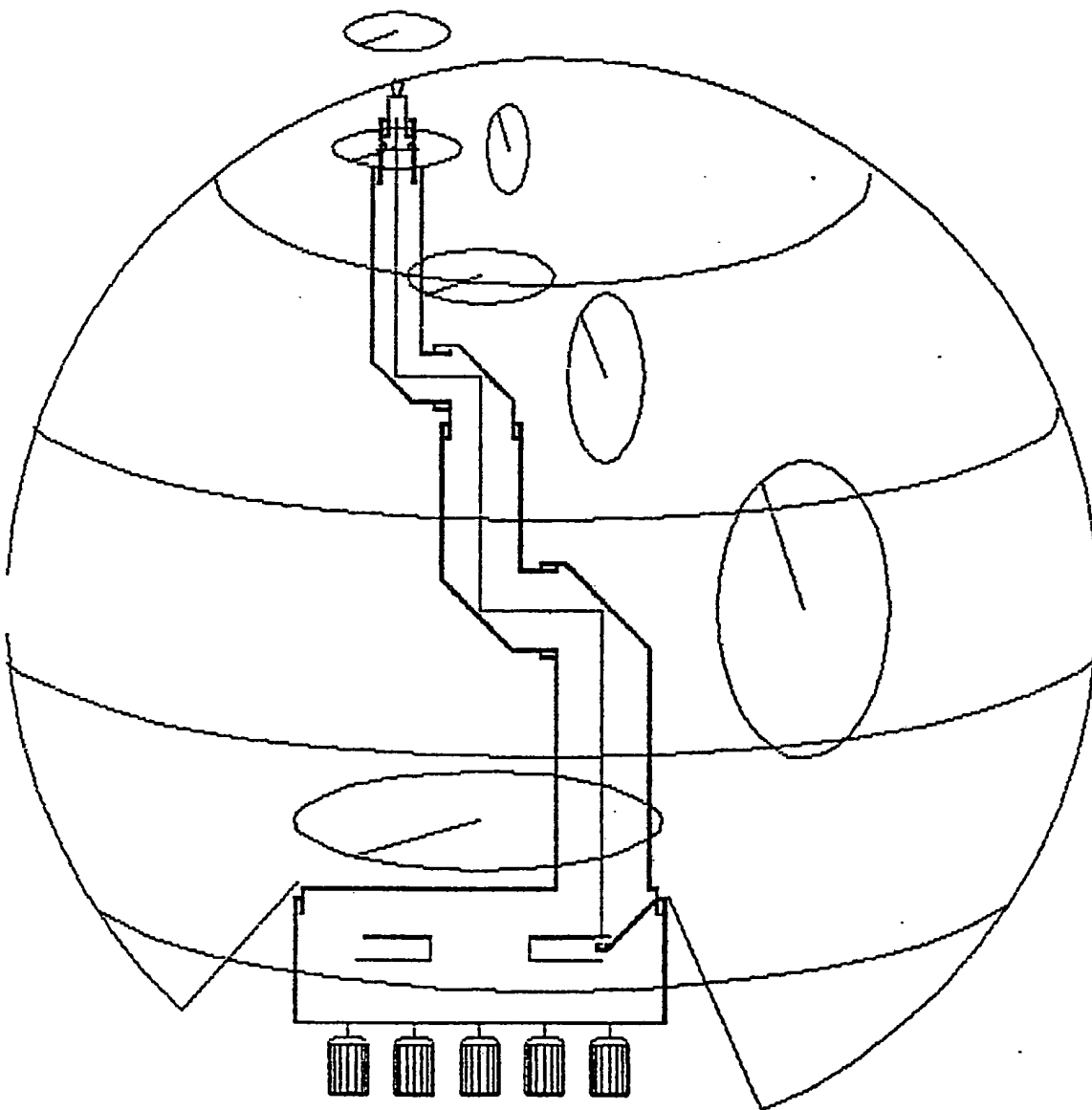


Fig 6